

第六章 使用说明

6.0 基本功能号

- 1: Nu 样条曲线;
- 5: 两三次贝齐尔曲线整体参数下 C^2G^2 连接;
- 7: 贝齐尔 G^2 三次几何样条曲线;
- 8: 两三次贝齐尔曲线 C^0G^2 连接;
- 9: 曼宁 G^2 三次插值样条闭曲线;
- 10: 法林 G^2 三次插值样条曲线;
- 11: 巴斯基 G^2 三次 Beta 样条曲线;
- 12: 曼宁 G^2 三次插值样条开曲线;
- 15: 两贝齐尔曲面 G^1 连接三视图;
- 16: 两贝齐尔曲面 G^1 连接投影图。

6.1 曲线类型选择

6.1.1 两贝齐尔曲线整体参数下 C^2 连接

单击本类型, 输入第一段贝齐尔曲线的控制顶点 (兰色), 右击结束第一段曲线的输入。第一段曲线的末顶点将作为第二段同次贝齐尔曲线的首顶点。然后输入第二段同次贝齐尔曲线的控制顶点 (红色)。输入第二段同次贝齐尔曲线的第一个顶点, 程序将自动调整到与第一段曲线两个末顶点共线, 并限制在末边矢量的延长线上, 输入第一个顶点的同时, 将自动给出第二个顶顶点, 后续顶点均可自由输入。输完所有顶点, 即弹出信消息框, 显示“第二段曲线的控制顶点已输完!” 按“确定”按钮, 即生成分别用兰、红色绘制的整体参数 C^2 两三次贝齐尔曲线, 也是 G^2 的。

因自由度受 C^2 约束, 若定义第一段曲线的 3 个末顶点固定不动, 第二段曲线的第一、二个顶点均不能任意移动。用户可以用鼠标左键拖动除公共连接点与第二段曲线第二个顶点外的其他所有顶点。若拖动公共连接点前后邻两顶点之一, 另一至三个顶点及曲线形状相应发生改变。若拖动除公共连接点前后邻两顶点之外的顶点, 仅曲线形状相应发生改变。两贝齐尔曲线始终保持整体参数下 C^2 连接。

本类型曲线最低次数为二次, 即输入定义第一段曲线的 3 个顶点后退出, 最后一个顶点作为公共连接顶点, 又是第二段二次贝齐尔曲线的首顶点, 再输入另两个顶点, 即弹出消息框, 显示“第二段曲线的控制顶点已输完!” 按“确定”按钮, 即生成分别用兰、红色绘制的整体参数 C^2 两二次贝齐尔曲线, 当然也是 G^2 的。这两段 C^2 连接的二次贝齐尔曲线实质上是同一条二次贝齐尔曲线。

提醒用户, 在实时拖动顶点时, 应缓慢进行, 否则计算机可能反应不及时, 导致出错。

6.1.2 法林: 两贝齐尔曲线 C^0G^2 连接

单击本类型, 单击输入第一段贝齐尔曲线的控制顶点 (兰色), 右击结束第一段曲线的输入。第一段曲线的末顶点将作为第二段同次贝齐尔曲线的首顶点。然后再输入第二段同次贝齐尔曲线的控制顶点 (红色)。输入第二段同次贝齐尔曲线的第一个顶点, 程序将自动调整到与第一段曲线两个末顶点决定的切线共线, 并限制在末边矢量的延长线上。再输入第二个顶点, 第二个顶点到切线的距离 h_2 已由公式(6.27)的第二式确定, 因此, 只能在平行于切线的直线上移动。第二个顶点起的其余顶点均可自由输入。输完所有顶点, 即弹出消息框, 显示“第二段曲线的控制顶点已输完!” 按“确定”按钮, 即生成分别用兰、红色绘制的整

体参数 G^2 两三次贝齐尔曲线。

G^2 释放出原来被 C^2 束缚的两个自由度（或形状参数）：①第二段曲线的第一个顶点可在切线上移动（改变 a_2 ），相应第二个顶点到切线的距离（ h_2 ）发生改变，使第二个顶点位置有所改变。②在第二段曲线的第一个顶点固定不动情况下，第二个顶点可在平行于切线的直线上移动。两个自由度（或形状参数）的运用，都将在第一段曲线形状和 G^2 连续性保持不变下，使第二段曲线形状发生改变。在本软件中，用户还可以用鼠标左键拖动除公共连接点外的其他所有顶点。若拖动第一段曲线公共连接点的前邻两顶点之一，则第二段曲线公共连接点的后邻两顶点及两段曲线形状相应发生改变。若拖动除公共连接点前后邻两顶点之外的顶点，仅曲线形状相应发生改变。两贝齐尔曲线始终保持 G^2 连接。

本类型曲线最低次次数也为二次，即输入定义第一段曲线的三个顶点后退出，最后一个顶点作为公共连接顶点，又是第二段二次贝齐尔曲线的首顶点，再输入另两个顶点，即生成 G^2 连接的两段二次贝齐尔曲线。与两段 C^2 连接的二次贝齐尔曲线不同，这里这两段 G^2 连接的二次贝齐尔曲线不属于同一条二次贝齐尔曲线。

同样提醒用户，在实时拖动顶点时，应缓慢进行，否则计算机反应可能不及时，导致出错。

6.1.3 尼尔森 C^1G^2 三次 Nu 样条曲线

单击本类型，弹出次级菜单。若选择“鼠标输入点”，单击直接输入点，右击结束输入；若选择“键盘输入点”，则直接用键盘输入点的坐标值。输完点后，将弹出输入张力参数 ν 值对话框，输入对应每个点的 ν 值。输入完毕，即生成缺省条件（规范弦长参数化、开曲线、自由端点边界条件）下的整体参数 C^1G^2 三次 Nu 样条曲线。

生成曲线后，可改变：曲线开或闭、边界条件、切矢条件、虚节点条件、张力参数，请参见属性操作 6.2.2~6.2.6 节。

6.1.4 曼宁 G^2 三次几何样条闭曲线

单击本类型，弹出次级菜单。若选择“鼠标输入点”，则单击直接输入数据点，点击结束输入。若选择“键盘输入点”，则直接用键盘输入数据点的坐标值。添加完数据点后，按“结束”按钮退出输入。然后，内部程序将自动使输入的首数据点同时成为末数据点，即用户不必输入末数据点。接着将进行迭代，求解出教材式(6.30)与式(6.31)中的全部未知量，并生成各分段曲线的贝齐尔点，绘制出仅由这些数据点定义的曼宁 G^2 三次几何样条闭曲线。

在本类型曲线里，输入数据点的最少数目允许是两个，这时将不需要进行迭代，按曼宁用参数三次曲线段拟合圆弧段的思路和方法，生成并显示由两个拟半圆弧组成的拟整圆，相应并显示出两拟半圆弧段的贝齐尔点。

6.1.5 曼宁 G^2 三次几何样条开曲线

单击本类型，弹出次级菜单。若选择“鼠标输入点”，单击直接输入数据点，右击结束输入。即在首端点显示一个矢量，矢端指到鼠标所在位置，移动鼠标到希望位置，单击即确定输入了首端切矢。随后在末端点又显示一个矢量，矢端指到鼠标所在位置，移动鼠标到希望位置，单击即确定输入了末端切矢。实际在内部计算时，首末端切矢都只取其方向。若选择“键盘输入点”，则在弹出的输入数据点与首末端切矢对话框里，直接用键盘输入数据点的坐标值。添加完数据点后，一定要按“结束”按钮，再输入首末端切矢。输完后，按“确定”按钮退出。然后，内部程序将自动进行迭代，求解出教材(6.30)与(6.31)式中的全部未知量，并生成各分段曲线的贝齐尔点，绘制出仅由这些数据点定义的曼宁 G^2 三次几何样条开曲线。

在本类型曲线里，输入数据点的最少数目同样也是两个，生成并显示单段开曲线，相应并显示出贝齐尔点。

6.1.6 法林 G2 三次几何样条曲线

单击本类型，弹出次级菜单。若选择“鼠标输入点”，则单击直接输入数据点，右击结束输入。数据点输入结束后，再点击菜单“曲线类型→贝齐尔 G2 三次几何样条曲线→鼠标输入相邻切线交点”，顺序对应两相邻数据点输入该两点切线的交点，即每个内数据点有一个前邻交点和一个后邻交点，三点共线，用户只需输入后邻交点，使大致与前邻交点和数据点共线，程序将自动将输入的后邻交点调整到与前邻交点和数据点共线，且限制后邻交点和前邻交点位于该数据点的异侧。

若选择“键盘输入点”，则直接用键盘输入数据点的坐标值。数据点输入结束后，再点击“曲线类型→贝齐尔 G2 三次几何样条曲线→键盘输入相邻切线交点”，顺序对应两相邻数据点输入该两点切线的交点。

无论是鼠标输入或键盘输入，在交点输入完成后，都将弹出“输入首端点曲率半径”对话框，在输入首端点曲率半径，按“确定”按钮后，又弹出“输入各分段第一内贝齐尔点的位置参数”，取值范围为(0, 1]，0 表示与该段首端点重合，1 表示与该段首末切线的交点重合，输入对应第 0 段第一内贝齐尔点的位置参数，按“确定”按钮后，该对话框消失，再次弹出基本相同的对话框，要求“输入对应第 1 段第一内贝齐尔点的位置参数”，……，直至输入所有分段第一内贝齐尔点的位置参数后，不再弹出这样的对话框。即生成 G^2 三次几何样条曲线。

生成曲线后，用户改变首端点曲率半径，见属性操作 6.2.7 节。也可改变分段第一内贝齐尔点位置参数，见属性操作 6.2.8 节。

6.1.7 巴斯基 Beta 样条曲线

单击本类型，弹出次级菜单，有四种选择：鼠标输入 G1 二次 Beta 样条曲线控制顶点，键盘输入 G1 二次 Beta 样条曲线控制顶点，鼠标输入 G2 三次 Beta 样条曲线控制顶点，键盘输入 G2 三次 Beta 样条曲线控制顶点。

当输完 G1 二次 Beta 样条曲线控制顶点后，会弹出“输入 Beta1”对话框，显示第 0 个 Beta1=1。这个 Beta1 值既是当前值，也是缺省值。用户可以不改变当前值或输入不同的 Beta1 值，按“确定”按钮后，对话框中显示第 1 个 Beta1=1，作同样处理，……，直至输完要求的所有 Beta1 值。按“确定”按钮退出，即实时生成 G1 二次 Beta 样条曲线。在 Beta1 取缺省值时，生成的曲线即是二次均匀 B 样条曲线。生成曲线后，可改变 Beta1 值，见属性操作 6.2.9 节。

当输完 G2 三次 Beta 样条曲线控制顶点后，会弹出“输入 Beta1 和 Beta2”对话框，同时显示第 0 个 Beta1=1，Beta2=0。这两个 Beta1 和 Beta2 值都既是当前值，也是缺省值。用户可以不改变当前值或输入不同的值，按“确定”按钮后，对话框中显示第 1 个 Beta1=1，Beta2=0，作同样处理，……，直至输完要求的所有 Beta1 和 Beta2 值。按“确定”按钮退出，即实时生成 G2 三次 Beta 样条曲线。在 Beta1 和 Beta2 都取缺省值时，生成的曲线即是三次均匀 B 样条曲线。生成曲线后，可改变 Beta1 和 Beta2 值，见属性操作 6.2.10 节。

6.1.8 贝齐尔 G2 三次几何样条曲线

单击本类型，弹出次级菜单。若选择“鼠标输入点”，单击直接输入数据点，右击结束输入；若选择“键盘输入点”，则直接用键盘输入数据点的坐标值。输入结束，将弹出“输入曲率半径”对话框，要求输入对应第 0 个点的曲率半径，在编辑框输入该点曲率半径，按“确定”按钮后，该对话框消失，再次弹出基本相同的对话框，要求输入对应第 1 个点的曲率半径，……，直至，输入所有点的曲率半径后，不再弹出这样的对话框。

再点击菜单“曲线类型→贝齐尔 G2 三次几何样条曲线→鼠标输入相邻切线交点”，顺序对应两相邻数据点输入该两点切线的交点，即每个内数据点有一个前邻交点和一个后邻交

点，三点共线，用户只需输入后邻交点，使大致与前邻交点和数据点共线，程序将自动将输入的后邻交点调整到与前邻交点和数据点共线，且限制后邻交点和前邻交点位于该数据点的异侧。交点输入完成后，右击退出，即生成 G^2 三次几何样条曲线。生成曲线后，可改变曲率半径，见属性操作 6.2.7 节。

6.2 属性操作

6.2.1 数据点参数化方法

生成 Nu 样条曲线后，点击菜单“属性操作→改变数据点参数化方法”，在弹出的对话框中选择需要的数据点参数化方法，按“确定”按钮，即可实时生成新参数化方法的形状发生了改变的曲线。

6.2.2 选择开/闭曲线

生成 Nu 样条曲线后，点击菜单“属性操作→选择开/闭曲线”，在弹出的对话框中点选需要的单选钮：开曲线或闭曲线。按“确定”按钮，即可实时生成所选开闭类型的曲线。

6.2.3 改变边界条件

生成 Nu 样条开曲线后，点击菜单“属性操作→改变边界条件”，在弹出的对话框中选择所需的边界条件。按“确定”按钮，即可实时生成所选边界条件下的 Nu 样条开曲线。

6.2.4 改变切矢条件

生成 Nu 样条开曲线后，点击菜单“属性操作→改变切矢条件”，在弹出的对话框中输入边界切矢值。按“确定”按钮，即可实时生成所选边界切矢条件下的 Nu 样条开曲线。

6.2.5 改变虚节点条件

生成 Nu 样条开曲线后，点击菜单“属性操作→改变虚节点条件”，在弹出的对话框中输入首末点虚节点参数 λ 值。按“确定”按钮，即可实时生成所选虚节点参数条件下的 Nu 样条开曲线。

6.2.6 改变张力参数 v_i 值

生成 Nu 样条开曲线后，点击菜单“属性操作→改变张力参数 v_i 值”，在弹出的对话框中输入指定数据点的序号 i 和其对应的 v_i 值。按“确定”按钮，即可实时生成所选张力参数 v_i 值下的 Nu 样条开曲线。

6.2.7 改变曲率半径

生成法林 $G2$ 三次几何样条曲线或贝齐尔 $G2$ 三次几何样条曲线后，可以在数据点与相邻切线交点不改变情况下，点击菜单“属性操作→改变曲率半径”。若当前显示的是法林 $G2$ 三次几何样条曲线，将弹出“输入首端点曲率半径”对话框，其中显示的是首端点曲率半径当前值，可以不予改变或输入不同的首端点曲率半径，按“确定”按钮，即实时生成相应改变了形状的法林 $G2$ 三次几何样条曲线。

若当前显示的是贝齐尔 $G2$ 三次几何样条曲线，将弹出“输入曲率半径”对话框，左侧编辑框中显示的是数据点序号，在“对应第 0 个点”的右侧那个编辑框中显示的是该点曲率半径当前值，可以不予改变，也可输入新的不同曲率半径值，按“确定”按钮后，对话框中显示的将是要求输入“对应第 1 个点”的曲率半径，……，直至确定所有点的曲率半径后，将实时生成显示这些曲率半径改变后的贝齐尔 $G2$ 三次几何样条曲线。

6.2.8 改变分段第一内贝齐尔点位置参数

生成法林 $G2$ 三次几何样条曲线后，可以在数据点、相邻切线交点与首端点曲率半径不改变情况下，点击菜单“属性操作→改变分段第一内贝齐尔点位置参数”。将弹出“输入分

段第一内贝齐尔点位置参数”对话框，在“第 0 段”的右端那个编辑框中显示的是该段第一内贝齐尔点位置参数当前值，可以不予改变，也可输入新的位置参数，按“确定”按钮后，对话框中显示的将是要求输入“第 1 段”第一内贝齐尔点位置参数，……，直至确定所有段第一内贝齐尔点位置参数后，将实时生成显示这些内贝齐尔点位置参数改变后的法林 G2 三次几何样条曲线。

6.2.9 改变 G1 二次 Beta 样条曲线 Beta1

生成 G1 二次 Beta 样条曲线后，点击菜单“属性操作→改变 G1 二次 Beta 样条曲线 Beta1”，弹出“输入 Beta1”对话框，显示第 0 个 Beta1=1。这个 Beta1 值是当前值。用户可以不予改变或输入不同的 Beta1 值，按“确定”按钮后，对话框中显示第 1 个 Beta1=1，作同样处理，……，直至输完要求的所有 Beta1 值。按“确定”按钮退出，即实时生成在一组新 Beta1 值下的 G1 二次 Beta 样条曲线。

6.2.10 改变 G2 三次 Beta 样条曲线 Beta1 与 Beta2

生成 G2 三次 Beta 样条曲线后，点击菜单“属性操作→改变 G2 三次 Beta 样条曲线 Beta1 和 Beta2”，弹出“输入 Beta1 和 Beta2”对话框，同时显示第 0 个 Beta1=1，Beta2=0。这两个 Beta1 和 Beta2 值都是当前值。用户可以不改变当前值或输入不同的值，按“确定”按钮后，对话框中显示第 1 个 Beta1=1，Beta2=0，作同样处理，……，直至输完要求的所有 Beta1 和 Beta2 值。按“确定”按钮退出，即实时生成在一组新 Beta1 和 Beta2 值下的 G2 三次 Beta 样条曲线。

6.2.11 显示/隐藏控制多边形

若当前屏幕上显示的是曼宁 G2 三次几何样条闭曲线或开曲线，或贝齐尔 G2 三次几何样条曲线，且显示了由分段贝齐尔点连成的控制多边形，则单击本菜单，则可隐去显示，再次单击本菜单，则又可显示。

6.2.12 显示曲率

点击菜单“属性操作→显示曲率”，在视图右下角以红色曲线显示曲率随参数变化的情况。曼宁 G2 三次几何样条闭曲线、开曲线及贝齐尔 G2 三次几何样条曲线三种类型曲线的曲率图，不显示参数及首末端点参数值，因它们与数据点参数化无关，故只显示整条曲线的曲率变化情况。

6.3 两贝齐尔曲面连接

6.3.1 输入两参数方向控制顶点数

单击菜单项，将弹出“输入曲面两参数方向控制顶点数”对话框，输入后，按“确定”按钮退出，随即弹出一消息框，显示下一步操作提示“请单击菜单：两贝齐尔曲面连接→鼠标输入曲面 Q 控制顶点”，或两贝齐尔曲面连接→键盘输入曲面 Q 控制顶点”，用户按提示执行即可。

6.3.2 鼠标输入 Q 曲面控制顶点

单击菜单项，屏幕随即显示三视图分区，用户可在主视图与俯视图用鼠标各输入一点，即得一空间点三坐标，应按所输入曲面两参数方向控制顶点数，先沿 U 向按 U 向顶点数输入一排顶点，再输第 2, 3, …, 排，共输入排数等于 V 向顶点数。输完最后一个顶点，即生成并显示由这些顶点定义的一张贝齐尔曲面。且又弹出一消息框，显示下一步操作提示“请单击菜单：两贝齐尔曲面连接→鼠标输入曲面 P 控制顶点，或两贝齐尔曲面连接→键盘输入曲面 P 控制顶点”，用户按提示执行即可。

6.3.3 键盘输入 Q 曲面控制顶点

单击菜单项，弹出“输入控制顶点的坐标”对话框，在三个编辑框中依次输入点的 x 、 y 、 z 三坐标，坐标应在视区可见范围内。输入三坐标后，按一次“添加”按钮，再输入下一顶点，同样地沿 U 向按 U 向顶点数输入一排顶点，再输第 2, 3, ..., 排，共输入排数等于 V 向顶点数。输入完毕会弹出一消息框，显示“顶点输入完毕！”，按“确定”按钮退出后，即生成并显示由这些顶点定义的一张贝齐尔曲面。且又弹出一消息框，显示下一步操作提示“请单击菜单：两贝齐尔曲面连接→鼠标输入曲面 P 控制顶点，或两贝齐尔曲面连接→键盘输入曲面 P 控制顶点”，用户按提示执行即可。

6.3.4 鼠标输入 P 曲面控制顶点

上述鼠标或键盘输入 Q 曲面控制顶点中各排顶点的末顶点定义了 Q 曲面一条边界，它也是 P 曲面的边界，因此定义该公共边界的诸顶点也是 P 曲面各排顶点的首顶点，不必重复输入。

单击菜单项，同样地沿 U 向按 U 向顶点数用鼠标输入除各排首顶点外的其余顶点，输完后，会弹出一消息框，显示“顶点输入完毕！”，按“确定”按钮退出后，即生成并显示由这些顶点定义的一张贝齐尔曲面。

6.3.5 键盘输入 P 曲面控制顶点

单击菜单项，弹出“输入控制顶点的坐标”对话框，同样地沿 U 向按 U 向顶点数用键盘输入除各排首顶点外的其余顶点，输完后，会弹出一消息框，显示“顶点输入完毕！”，按“确定”按钮退出后，即生成并显示由这些顶点定义的一张贝齐尔曲面。

至此，屏幕上显示不同线色的 Q 与 P 两张曲面，因其具有公共边界，可以说是 G^0 连接的。一般地也只是 G^0 连接。

6.4 曲面属性操作

6.4.1 G^1 连接

仅在 Q 与 P 两曲面沿公共边界 G^0 连接下可用，若之前未点击过“修改加权系数”菜单项，单击菜单项，将按缺省的加权系数 $\lambda = 0.5$ 对 P 曲面上与公共边界顶点相邻的那排顶点进行调整，以实现与 Q 曲面沿公共边界 G^1 连接，即切平面连续。

6.4.2 修改加权系数

仅在 Q 与 P 两曲面沿公共边界 G^0 连接下可用，若首次单击菜单项，将弹出“输入加权系数”对话框，编辑框中显示的是缺省的加权系数 $\lambda = 0.5$ ，可予改变输入新的加权系数，按“确定”按钮退出，随即按新加权系数对 P 曲面上与公共边界顶点相邻的那排顶点进行调整，对 P 曲面上与公共边界顶点相邻的那排顶点进行调整，以实现与 Q 曲面沿公共边界 G^1 连接。

6.4.3 计算显示 Q 曲面的法矢

单击菜单项，将弹出“输入曲面的一对参数”对话框，输入后按“确定”按钮退出，即显示由输入的一对参数决定的 Q 曲面上的一点及其法矢。

6.4.4 计算显示 P 曲面的法矢

单击菜单项，将弹出“输入曲面的一对参数”对话框，输入后按“确定”按钮退出，即显示由输入的一对参数决定的 P 曲面上的一点及其法矢。

使用“计算显示 Q 曲面的法矢”与“计算显示 P 曲面的法矢”两项功能，可验证是否实现了两曲面沿公共边界 G^1 连接。

6.4.5 Q 曲面法矢反向

在显示 Q 曲面法矢情况下，单击菜单项，将使法矢反向，再单击菜单项，又反向回到原来方向。

6.4.6 P 曲面法矢反向

在显示 P 曲面法矢情况下，单击菜单项，将使法矢反向，再单击本菜单项，又反向回到原来方向。

6.4.7 显示投影图

在显示三视图情况下，单击菜单项将改为显示投影图。

6.4.8 返回三视图

在显示投影图情况下，单击菜单项将改为显示三视图。

6.4.9 返回 G0 连接

在 P 曲面与 Q 曲面实现 G^1 连接情况下，单击菜单项，返回初始输入时的 G^0 连接。

6.5 右键菜单功能

对于生成的 Nu 样条曲线图形，除可直接用鼠标左键拖动控制顶点修改曲线外，可以将鼠标指导一个数据点单击选中后，右击，弹出右键菜单对输入的数据点进行添加、删除、修改操作，具体如下。

6.5.1 添加数据点

单击菜单项，在所选点之后，添加一个点。仅可选择键盘输入数据点，在弹出的对话框中直接用键盘输入点的坐标值，按“确定”按钮后，又弹出要求“输入该点的张力参数”，输入后，按“确定”按钮，即实时生成添加该数据点后的 Nu 样条曲线。

6.5.2 删除数据点

单击菜单项，删除所选点，且实时生成删除该数据点后的 Nu 样条曲线。

6.5.3 修改数据点

单击菜单项，在弹出的对话框内显示的是点的当前坐标，用键盘输入修改后点的坐标值，按“确定”按钮，即实时生成修改该数据点后的 Nu 样条曲线。

6.6 视图操作

对于生成的曲面图形，可以通过视图菜单或工具条中的放大、缩小、还原操作进行图形的变换，还能进行左旋、右旋、上旋、下旋操作。